



TITLE:

芦生研究林における林道走行中の シカ目撃数のモニタリング

AUTHOR(S):

合田, 禄; 井上, みずき; 高柳, 敦

CITATION:

合田, 禄 ...[et al]. 芦生研究林における林道走行中のシカ目撃数のモニタリング. 森林研究 2008, 77: 89-94

ISSUE DATE:

2008-12-26

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/192877>

RIGHT:

特集 ニホンジカの森林生態系へのインパクト—芦生研究林

論 文

芦生研究林における林道走行中のシカ目撃数のモニタリング

合田 禄*・井上みずき**・高柳 敦***

Road census for sika deer monitoring at the Ashiu Forest Research Station of Kyoto university

Roku GODA*, Mizuki INOUE** and Atsushi TAKAYANAGI***

芦生研究林におけるシカの目撃数の傾向を検証することを目的とし、林道を車両で走行する際に、日付や時間などを特に指定せずシカの目撃数を記録した。またそれが生息密度の指標を得る手法として可能かどうかを議論した。芦生研究林内の頻繁に利用される林道をA～Fのルートに分け、研究者や職員が林道を車両で移動するときに、日付、走行するルート、ルートの走行開始時の時間と天候を記録した。シカを観察した場合は、シカの目撃数とその性・年齢クラスを記録した。2006年9月27日から2007年12月12日にかけて、のべ1569ルートのデータが得られた。一般化加法モデル（GAM）を用いて解析した結果、林道走行1 km当たりのシカの目撃数は、日付、時間、ルートおよび日付と時間の交互作用で説明された。季節によって目撃数の変動がみられたほか、日中よりも早朝や夕方以降に観察されることが多かった。この手法は他の生息密度指標よりも低コストであるため、データを継続的に収集することが比較的容易である。継続的におこなうことにより、年度も変数に加え、シカの生息数の増減をモニタリングするための1つの手法となる可能性がある。

キーワード：ロードセンサス・目撃数・芦生研究林・GAM・ニホンジカ

To survey the tendency of the number of sighted sika deer (*Cervus nippon*), we collected the data of the sighted deer during daily use of forest roads by car without designating the date or time to observe. We discussed the possibility of the method as an index of the number of deer. At Ashiu Forest Research Station, we divided the forest road into six routes (A-F). When someone drove along the route, he recorded the date, route, time and weather that he started to drive the route at the moment. If he sighted deer, he recorded the number, sex and age class. We collected the 1569 route data recorded from September 27th 2006 to December 12th 2007. As a result of analyzing the data with Generalized Additive Model, the number of sighted deer per driving 1 kilometer in forest road was explained by the date, time, route, and interaction between date and time. It varied with date, and deer was more often sighted early in the morning and late in the afternoon than daytime. This method costs lower than other methods to estimate deer density. Making continuous efforts to accumulate the data would enable us to add year as an explanatory variable. This method could be an index to monitor the number of deer at Ashiu Forest Research Station.

Key words: Road census, count, Ashiu Forest Research Station, GAM, sika deer

1. はじめに

シカ類の適切な管理をおこなうためには生息密度（平方キロあたりの頭数）や生息分布をモニタリングする必要がある。日本では、特定鳥獣保護管理計画が1999年以降策定され、都道府県レベルでスポットライトセンサス、空中センサス、狩猟時の目撃数や捕獲数、区画法、糞粒法や糞塊法などを用いて、ニホンジカ（*Cervus*

nippon；以下、シカ）のモニタリング調査が実施されている（宇野ほか、2007）。それらの生息密度推定方法は、推定誤差が大きいなどの問題点があるもののデータが継続的に収集されるようになっている。ただし、貴重な植生が残っている特定の地域では、都道府県レベルのデータよりもさらに詳細なモニタリングを基にしてシカの保護管理をおこなう必要がある。しかし、それらは現在大台ヶ原などに限られており、十分ではない。

* 京都大学大学院農学研究科森林科学専攻／現在の所属：朝日新聞

** 秋田県立大学生物資源学部生物環境科学科

*** 京都大学大学院農学研究科森林科学専攻

* Graduate School of Agriculture, Kyoto University / The Asahi Shimbun

** Department of Biological Environment, Faculty of Bioresource Sciences, Akita Prefectural University.

*** Graduate School of Agriculture, Kyoto University.

シカの保護管理をおこなうために、これまでは生息密度を推定することに主眼が置かれてきた。しかし、現実の生息密度（移出入・出生・死亡により常に変動しているがその変動の範囲内での正確な生息密度）を知る手法はなく、生息密度の推定がどれだけ真の値に近いかわを示す正確度の検定はおこなわれてこなかった（梶, 2007）。近年は、生息密度指標（生息密度の変動を推定する指標であり生息密度そのものの指標ではない）として糞塊数の増減を基にシカの保護管理がおこなわれている例もある（坂田ほか, 2001; 坂田ほか, 2002）。精度の評価が困難な推定個体数（区画法などによる生息密度の推定値に森林面積を乗じたもの）を基準にシカの管理をおこなうよりも、複数の生息密度指標をモニタリングし、得られる個体群動向の情報をもとに柔軟な管理を行なっていくほうが望ましい（濱崎ほか, 2007）。

京都大学フィールド科学教育研究センター芦生研究林において、90年代以降、シカの生息数増加による植生の衰退が懸念されており、生息密度に関する情報を把握することが今後の保護管理のために不可欠である。芦生研究林では、急峻な地形や灌木によりスポットライトセンサスをおこなうことは難しく、スギ（*Cryptomeria japonica*）などの針葉樹もある混交林のため空中センサスをおこなっても生息数を推定することは容易でない。現在に至るまで、芦生研究林におけるシカの生息密度・生息分布に関する情報としては、2006年からこれまでに6回実施されている12月の区画法のデータのみであり、2007年12月の推定密度は0.0～5.3頭/km²（平均1.9頭/km²）であった（高柳, 未発表）。

芦生研究林には北部にいくつかの林道が整備されており、技術職員が作業のためその道を車両で走行するほか、研究者の利用も多い。車両で林道を走行する際に、シカを目撃した数を記録することで密度指標として利用できる可能性がある。シカを目撃数を記録するという目的で林道を走行する場合、目撃数記録のための人件費・ガソリン代などの諸経費が必要になる。つまり、得られるデータの数に伴ってコストが増大する。一方、他の調査や作業のために林道を走行する林道利用者に任意の日付や時間でデータを集めてもらう場合、データ数の増加とコストはほぼ無関係である。より低いコストでデータの数を増やすことができる。しかし、集まるデータは日付や時間帯がそろわない。また走行中にシカを目撃する確率は低いいため、多くの試行で目撃した数が0となってしまう。そこで本研究では、林道を車両で走行する際に日付や時間帯などを特に指定せず、シカを目撃数を記録し、芦生研究林におけるシカを目撃数の傾向を把握することを目的とし、それが生息密度の指標を得る手法として利用可能

かどうかを議論する。

2. 材料と方法

2. 1. 調査地域

京都府北東部に位置する京都大学フィールド科学教育研究センター芦生研究林（図-1）を調査地とした。芦生研究林は約4200 haの面積があり、標高355～959 mに広がり、600～800 mの部分の全面積の約2/3を占める。標高356 mの研究林事務所において年平均気温は11.7℃、年間降水量は2535 mmである。研究林事務所に比べ、標高640 mの長治谷では年平均気温は約2℃低く、降水量は400～600 mm程度多い。加えて積雪深は2 m以上にも及び、12月半ばから4月初めまで根雪に閉ざされる。芦生研究林の半分は人の手が加えられていない天然林であり、約1800 haが二次林である。標高600 m付近まではコナラ（*Quercus serrata* Thunb. ex. Muuray）、ウラジロガシ（*Quercus salicina* Blume）、ソヨゴ（*Ilex pedunculosa* Miq.）などの暖温帯構成樹種、それ以上の標高ではブナ（*Fagus crenata* Blume）、ミズナラ（*Quercus crispula* Blume）を主体とした冷温帯構成樹種である（京都大学農学部附属演習林芦生研究林1997）。

2. 2. 調査ルート

芦生研究林内の頻繁に利用される林道をA～Fのルートに分けた（図-1, 表-1）。林内は急峻な地形が多く、林道も急斜面上に造られていることが多い。ルートA, Dは、急峻な斜面に沿って走るのに対し、ルートB, Eは林道が沢沿いに設置されている。ルートB, Eには視界が開ける場所がいくつかある。ルートC, Fは尾根上近くを走るルートであるが、急斜面に造られている場所が多い。いずれのルートもスギ林、二次林、天然林を横断する。ルートAは、研究林地図（図-1）の中央西に

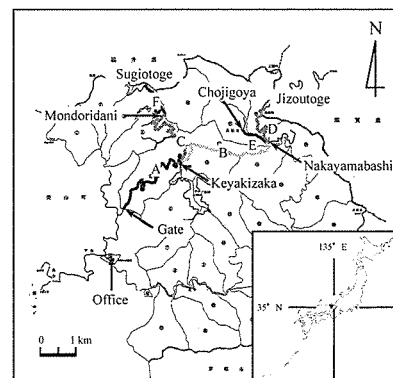


図-1 芦生研究林の位置とルート

Fig. 1. Location of Ashiu Forest Research Station of Kyoto university and routes for road census.

位置する研究林事務所から研究林内に入る主な林道で、車両が通行する頻度が高い。その他、C, B, Eも頻繁に利用されるが、DやFの利用は比較的少ない。

表-1 ルートとその距離
Table 1 Routes and driving distances.

Name	Route	Distance (km)
A	Gate - Keyakizaka	4.7
B	Keyakizaka - Nakayamabashi	3.3
C	Keyakizaka - Mondoridani	3.7
D	Nakayamabashi - Jizoutoge	1.4
E	Nakayamabashi - Chojigoya	0.7
F	Mondoridani - Sugiotoge	1.6

2. 3. 記録方法

林内を車両で移動する研究者、調査員、技術職員に協力を依頼し、各ルートを始点から終点まで走破する場合のみ、日付、走行するルート、ルートの走行開始時の時間・天候を記録した。シカを観察した場合は、シカを目撃数とその性・齢クラスを記録した。ルートの出発点がどちらの端からでもそれらを区別しないこととし、ルートを片道1回走行した場合に1つのデータとして扱った。観察されたシカの性や齢が不明となることが多く、今回の解析には目撃数だけを用いた。

2. 4. 解析

ルートを車両で走行中に目撃したシカの数、天候やルートによる記録者の視界、時間や季節によるシカの行動の違いなどの影響を受けて変動すると考えられる。よって、目撃数は走行した日付 (Date) や時間 (Time)、各ルート (Route) や天候 (Weather) によって説明されると考えられる。GUINAN et al. (2002) は、多項式の項を線形モデルで説明することは不十分であると指摘しており、シカを目撃数と記録された変数も線形ではなく非線形になることが予想された。こうした非線形の関係を柔軟に扱う手法の一つとして一般化加法モデル (GAM; HASTIE and TIBSHIRANI, 1986) が存在し、本研究では、このモデルを用いた。また、生物の個体数のカウントデータはしばしば負の二項分布によく当てはまることが知られており (BLISS and FISHER 1953; BOWDEN et al 1969)、シカを目撃数も0となる頻度がポアソン分布から予想されるよりも高く、負の二項分布に従うと予測された。したがって、GAMモデルでは負の二項分布を仮定し、logリンク関数を用いた。モデルに加えられた説明変数の詳細を表-2に示す。ルートと天候はカテゴリカルデータとして含めた。日付は1年を365とした。つまり、1は1月1日を、200は7月19日を、365は12月31日を示す。また、時

刻は1日を1とした。つまり、0は0時を、0.5は12時を示す。日付、時刻および日付と時刻の相互作用は自由度を固定した回帰スプラインとして含めた。期待目撃数を $E(n_k)$ としたとき、 n_k は負の二項分布に従うとして、 $\text{Log}[E(n_k)] = w_k [(C + a_{\text{Route}} + \beta_{\text{Weather}}) + sp(\text{Date, Time, Date*Time})]$

として、フルモデルを考えることができる。 w_k はオフセットとして扱い、パラメータ推定に関係しないものとする。Cは定数項、 $sp(\dots)$ は平滑化スプライン関数である (CHAMBERS and HASTIE 1991)。フルモデルから最終モデルへのモデル選択は、赤池情報量基準 (AIC) を用いておこなった。不必要な効果を取り除くため、共変量を取り除いたモデルとの比較も行った。解析には R 2.5.1 (R Development Core Team, 2007) の mgcv パッケージを用いた。

表-2 シカ目撃数のモニタリングの解析に含まれた説明変数
Table 2 Predictors used in analysis of road census for sika deer monitoring.

Predictor	Type	Description
Date	Continuous	Day of the set (1 - 365)
Time	Continuous	Start time of the drive (0 - 1; 1=24h)
Route	Categorical	A - F
Weather	Categorical	Fine, Cloudy, and Rain (Snow)

3. 結果

2006年9月27日から2007年12月12日にかけて、延べ1569ルートのデータが得られた。得られたデータを月、時間帯、ルート、天候ごとに分けそれぞれデータのサンプルサイズを示した (図-2)。月ごとでは、1月にはまったくデータがなく、2月や3月もデータが少な

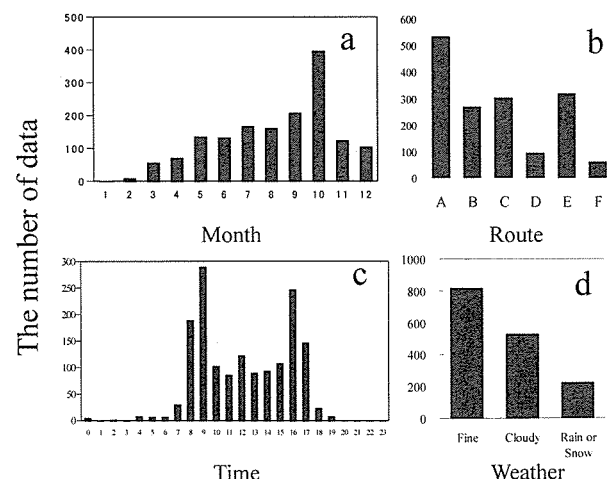


図-2 月、時間帯、ルート、天候ごとのサンプルサイズ
Fig. 2. Sample sizes by each month, hour, route and weather.

かった。DやFのルートはデータの数が多かった。これらは調査や作業のために林道を走行する時期や場所が研究林内で均一でないためである。時間帯では朝8-9時台と夕方16時頃にデータ数が集中していた。これは記録者が調査や作業のために研究林に入る時間帯とその後、帰る時間帯に当たる。走行距離1km当たりのシカ目撃数を日付、時間、ルート、天候ごとに示した(図-3)。林道を走行してもシカが観察されない場合が多く、いずれの説明変数に対してもシカ目撃数がほとんど0となっているため、あまり明確な関連が観察されなかった。

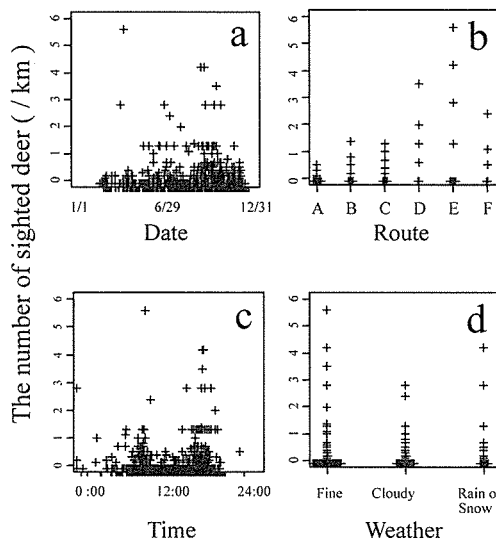


図-3 月、時間帯、ルート、天候ごとの目撃されたシカの数 (/km)
注 ルートの図 (b) および天候の図 (d) においては、 $y = 0$ の場合など、点 (+) が重なるのを避けるため横に少しずらしている。
Fig. 3. Sighted deer by each month, hour, route and weather (per km). Marks (+) jittered transversely to avoid overlap in b and d, for example, when $y = 0$.

GAMを用いて解析すると、林道を走行した際の1km当たりのシカ目撃数は、日付 ($p < 0.001$)、時刻 ($p < 0.001$)、ルート (A-B: $p = 0.326$, A-C, D, E, F: $p < 0.001$)

と日付・時刻の交互作用 ($p < 0.001$) によって説明され、天候はモデルから削除された (晴-曇: $p = 0.893$, 晴-雨 (雪): $p = 0.280$)。フルモデルと最終的なモデルのAICは、それぞれ800.1, 791.1であった。最終的なモデル ($n = 1569$; $r^2 = 0.205$) において、日付、時刻、ルートの共変量はシカ目撃数の分布の分散の31%を説明した。シカ目撃数を説明する変数 (日付、時刻、ルート) の部分的な影響を図-4に示した。図-4のy軸は、他の説明変数による効果を一定とした場合の、平滑化スプラインによるその説明変数だけで推定した値とその推定誤差を示す。推定値は和が0となるように中心化されている。1日の中では早朝から8時頃までは目撃数が多く、その後少なくなった後、17時頃以降に急激に目撃数が増加した (図-4a)。季節的には4, 6, 9月と目撃数が多くなるピークがみられた (図-4b)。ルートに関してはA, Bに比べ、C, D, Eでは目撃数が多かった (図-4c)。得られたデータが少ない場合、平滑化スプラインによるその説明変数だけで推定した値の推定誤差は、大きくなる傾向にあった。

4. 考察

調査する日付や時間などを設定せずに、不特定多数の協力者により集めたシカ目撃数が利用された例はほとんどない。車両で走行中にマークした個体の再目撃数を記録した事例 (e.g. LOPEZ et al., 2004) はあるが、それらは調査開始の時間や場所を指定している。指定せずにデータを集めた場合、各説明変数によってデータ数に偏りが生じ (図-2)、データ数も多いため実測値をそのままグラフ化しても傾向を把握することはできない (図-3)。しかし、GAMを用いて解析することにより、目撃数がどの説明変数によって説明されるのかが説明変数の取捨によって明確化し、またその説明変数に応じて目撃数がど

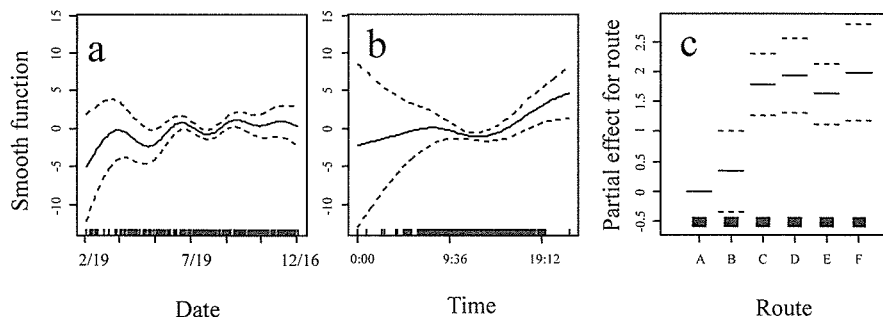


図-4 シカ目撃数を説明する変数 (日付、時刻、ルート) の部分的な影響
注 点線は予測された影響 (実線) の ± 2 SE を示す。x 軸上にある縦線は予測変数の位置を示し、ルートの図 (c) においては重なるのを避けるため横に少しずらしている。
Fig. 4. Partial additive effect on deer sighting of variables (date, time and route). Dashed lines are ± 2 SE of estimated effect (continuous line). Whiskers on the x-axis show the locations of predictor variables and those in c jittered transversely to avoid overlap.

のように変化するのかを今回、図示化できた(図-4)。

目撃数の日変動に関しては、日中よりも、早朝や夕方以降に観察されることが多かった(図-4b)。アカシカ(*Cervus elaphus* L.)やオジロジカ(*Odocoileus virginianus*)の行動のピークが夜明けと夕暮れの付近にある(Coulombe et al., 2006; Georgii, 1981)との傾向と本研究の傾向は一致する。また、シカ類は人との軋轢や車両の走行を避け昼間に開けた場所の利用を控えるため(DOUGLAS, 1971; MONGOMERY, 1963; MORGANTINI and HUDSON, 1979; SAKURAGI et al., 2002), 林道で目撃されにくいのかかもしれない。

目撃数の季節変動については、4つのピークが認められた(図-4a)。こうしたパタンの検出は、研究林内外のシカの季節的な移動の可能性を示唆するのかもしれない。たとえば、芦生研究林は冬期の積雪が2 m以上に及ぶところもあり、積雪地帯である日光や北海道のように、越冬地への移動や分散による行動圏の大きな移動が生じている可能性がある(丸山, 1981; UNO and KAJI, 2000; but see 永田ほか, 2005; 石塚ほか, 2007)。芦生研究林では12月半ばから4月初めにかけて根雪に閉ざされるため、その間、車両の通行や人間活動がほとんどない。したがって、春先に人間が入りだした頃、一時的に目撃率が高くなり、その後、シカが人との軋轢を避けることによって、目撃数が一旦減少している可能性もある。また、研究林内の生息数が季節的にそれほど変動してなくても、秋の交尾期のオスの移動(丸山, 1981; 矢部ほか, 2001)やそれによるメスの行動の変化が影響したことによって、目撃数の変動が生じていることも考えられる。今後、春や秋の変動パターンが上記の要因によって説明可能なのかどうか、また他のピークが生じる要因について、詳細な現地調査を進めていく必要があるかもしれない。

目撃数の空間的変動については、芦生研究林の南部に位置するルートA、Bに比べ、北部のルートC、D、Eでよく目撃され(図-4)、研究林北部でシカの目撃数が多い傾向にあった(図-1)。しかし、各ルートの地形や植生などの違いによって見通しの良さやシカによる利用が異なるため、ルート間で目撃数の大小を比較することは傾向を見誤る可能性がある。ただし、同じルートではなんらかの大きな変化がおこなわれない限り、見通しのよさは一定であるとみなせ、シカを発見する確率はほぼ一定と思われる。したがって、この調査でシカの目撃数データを長期間蓄積することにより、各ルート内においてシカの目撃数の年変動を比較することが、今後可能になると考えられる。たとえば、クロトガリザメ(*Carcharhinus falciformis*)の捕獲数を、捕獲日や時間、

緯度経度などを説明変数としてGAMを用いて説明し、さらに年度をカテゴリカルな説明変数として加えることにより、捕獲数の年次変化を評価している例がある(MINAMI et al. 2007)。UNO et al. (2006)が指摘するように、生息数の変動を把握するには継続的なデータの蓄積と複数の指標によるクロスチェックが必要であり、これまでおこなわれてきた区画法と組み合わせ、複数年に渡って調査が継続されていくことが望まれる。

MAYLE et al. (1999)は、装備コスト、労働コスト、解析の難易度、密度指標の性能などを各生息密度推定方法で比較し、手法ごとの有用性をまとめている。本調査は芦生研究林を他の目的で利用する人の協力を得てデータを蓄積するため、必要なコストは記録用紙の印刷代と記録者が林道を走行する際に1分程度の記録時間だけである。そのため、装備・労働コストともにほとんどかからない。また、特殊な技術を必要としないため、経験がない人でもデータを採取できる。時間や場所の指定なくデータを採るため、サンプルサイズに偏りが生じ解析の難易度が上がるが、データ数の多さを活用すればモデルを用いて分析できる可能性があることを本研究は示している。ただし、今回、たとえば日変動においては夕方から早朝、季節変動においては冬から春先のデータ数が少なく、推定誤差が大きくなった。推定誤差の大きい範囲においては偽のパターンを検出する可能性もあり、集まりにくい時間や季節におけるデータ数をどのように増やしていくかが課題となるだろう。

シカの研究者がシカの生息密度調査をおこなう場合、予算や人事の関係上、長期間の継続は困難である。しかし、この手法の場合、低コストでかつ記録者の経験を問わないため継続して実施できる。加えて、シカの生息密度指標に関する情報をシカの研究者だけで集めるのではなく、不特定多数の人に協力してもらうことで、シカ害の問題やモニタリングの大切さを意識してもらえるという点においてもこの手法は特筆される。

今後、モデルの改善などをおこなっていく必要はあるだろうが、本モニタリングはシカの密度指標として、汎用性の高い手法の一つになりうるだろう。

謝辞

本研究は、データの収集にあたり京都大学フィールド科学教育研究センター森林ステーション芦生研究林の職員の方々、京都大学大学院農学研究科森林育成学研究室、森林生態学、森林生物学の方々に協力いただいた。ここに深く感謝申し上げます。また、研究林を利用する傍ら、目撃数の記録にご助力いただいた研究者の方々にも感謝

の意を示したい。論文に有用なコメントを多くいただいた安藤正規氏・藤木大介・山崎理正氏にも感謝したい。

引用文献

- 1) Bliss, C. and R. A. Fisher. (1953) Fitting the negative binomial distribution to biological data. *Biometrics* 9. 176-200.
- 2) Bowden, D. C., A. E. Anderson, and D. E. Medin. (1969) Frequency distributions of mule deer fecal group counts. *J. Wildl. Manage.* 33. 895-973
- 3) Chambers J. M., and T. J. Hastie. (1991) *Statistical models in S*. Chapman and Hall, New York, 500pp.
- 4) Coulombe, M., Masse, A. and Cote, S. T. (2006) Quantification and Accuracy of Activity Data Measured with VHF and GPS Telemetry. *Wildl. Soc. Bull.* 34. 81-92
- 5) Guisan, A., T. C. Edwards, Jr., and T. Hastie. (2002) Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene. *Ecological Modelling*. 157. 89-100
- 6) 濱崎伸一郎・岸元真弓・坂田宏志 (2007) ニホンジカの個体数管理にむけた密度指標 (区画法, 糞塊密度および目撃効率) の評価. *哺乳類科学*. 47. 65-71
- 7) Hastie, T.J. and Tibshirani, R.J. (1986) Generalized Additive Models. *Stat. Sci.* 1. 297-318
- 8) 石塚謙・川井裕史・大谷新太・石井亘・山本隆彦・八丈幸太郎・片山 敦司・松下美郎 (2007) 季節, 時刻および植生が大阪のニホンジカ (*Cervus nippon*) の行動圏に及ぼす影響. *哺乳類科学*. 47. 1-9
- 9) 梶光一 (2007) ニホンジカ個体群のモニタリングへのコメント. *哺乳類科学*. 47. 85-87
- 10) 京都大学農学部附属演習林 (1997) 京都大学農学部附属演習林パンフレット. 京都大学農学部附属演習林.
- 11) Lopez, R. R., N. J. Silvy, B. L. Pierce, P. A. Frank, M. T. Wilson, and K. M. Burke. (2004) Population density of the endangered Florida Key deer. *J. Wildl. Manage.* 68. 570-575.
- 12) 丸山直樹 (1981) ニホンジカ *Cervus nippon* TEMMINCK の季節的移動と集合様式に関する研究. 東京農工大学農学部学術報告. 23. 1-85
- 13) Mayle, B. A., Gill, M. A. and Peace, A. J. (1999) How many deer? A Field Guide to estimating Deer Population Size. Forestry Commission, Edinburgh, pp96.
- 14) Minamia, M., Lennert-Cody b, C. E., Gaoc, W. and Rom ´ an-Verdesoto M (2007) Modeling shark bycatch: The zero-inflated negative binomial regression model with smoothing. *Fisheries Research*. 84. 210-221
- 15) Montgomery, G. G. (1963) Nocturnal movement and activity rhythms of white-tailed deer. *J. Wildl. Manage.* 27. 422-427
- 16) 永田幸志・栗林弘樹・山根正伸 (2003) ニホンジカ (*Cervus nippon*) 保護管理に関する調査報告. 神奈川県自然環境保全センター自然情報. 2. 1-12
- 17) 坂田宏志・濱崎伸一郎・三橋弘宗・三橋亜紀・横山真弓・三谷雅純 (2001) 兵庫県におけるニホンジカの生息密度指標と捕獲圧, 農業被害の関係. *人と自然*. 12. 63-72
- 18) 坂田宏志・濱崎伸一郎・三橋弘宗・横山真弓・三谷雅純 (2002) 兵庫県におけるニホンジカの個体数管理に向けた複数のシナリオの検討と将来予測. *人と自然*. 13. 21-28
- 19) Sakuragi, M., Igota, H., Uno, H., Kaji, K., Kaneko, M., Akamastu, R. and Maekawa, K. (2002) Comparison of diurnal and 24-hour sampling of habitat use by female sika deer. *Mammal Study*. 27. 101-105
- 20) Uno, H. and Kaji, K. (2000) Seasonal movements of female sika deer in eastern Hokkaido, Japan. *Mammal Study*. 25. 49-57
- 21) Uno, H., Kaji, K., Saitoh, T., Matsuda, H., Hirakawa, H., Yamamura, K. and Tamada, K. (2006) Evaluation of relative density indices for sika deer in eastern Hokkaido, Japan. *Ecol. Res.* 21. 624-632
- 22) 宇野裕之・横山真弓・坂田宏志・日本哺乳類学会シカ保護管理検討作業部会 (2007) ニホンジカ個体群の保全管理の現状と課題. *哺乳類科学*. 47. 25-38.

(2008 年 9 月 10 日受理)